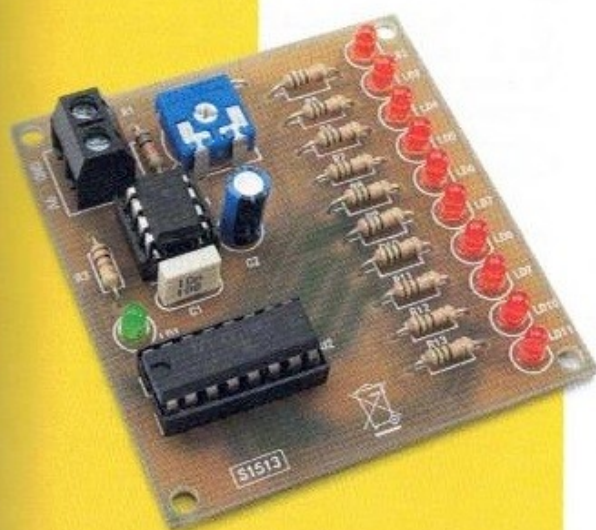


# BARRA A LED

Mostra un punto luminoso che scorre da una parte all'altra di una barra di 10 diodi luminosi, ripartendo ciclicamente da capo.

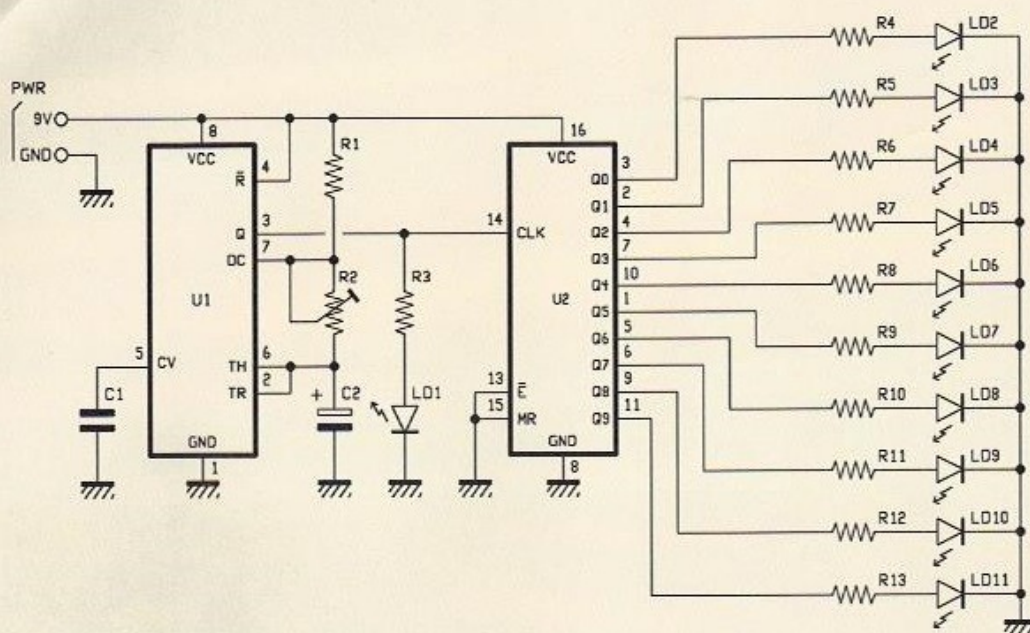


## G

iochi di luce composti da lampadine o piccoli LED possono apparire e a volte lo sono, dei passatempi o gadget dal semplice effetto visivo e nessuna utilità pratica, eppure vi sono applicazioni in cui servono per dare segnalazioni, attrarre l'attenzione su un oggetto, una macchina di vending, un passaggio o qualsiasi altra cosa, ma anche

completare un gioco o un'attrazione. Il semplice progetto che vi proponiamo in queste pagine può trovare posto in tutti i casi esemplificati, perché si tratta di un dispositivo con 10 LED dei quali se ne accende uno alla volta, passando da un estremo a quello opposto, per poi riprendere dal primo ciclicamente; ad ogni passaggio da un LED al successivo pulsa un ulteriore LED che scandisce il ritmo dello scorrimento lungo la striscia. L'effetto visivo che produce è quindi quello di un





punto luminoso in fuga che scorre da un estremo all'altro per poi ritornare all'inizio e ricominciare ciclicamente la corsa.

Questo circuito è insieme un utile gadget e un'occasione, per chi è alle prime armi, di sperimentare un po' con l'elettronica e imparare qualcosa di nuovo; proprio per questo andiamo subito a spiegare come funziona attraverso l'analisi dello schema elettrico e dei suoi componenti.

### SCHEMA ELETTRICO

Il nostro gadget è composto da un contatore decimale le cui uscite pilotano ciascuna un LED rosso, che riceve il clock da un generatore di onda rettangolare implementato con l'aiuto di uno dei più popolari circuiti integrati; alla sua uscita abbiamo posto un ulteriore LED, verde stavolta, per distinguerlo dagli altri, che pulsa scandendo gli impulsi prodotti.

Il generatore di onda rettangolare lo abbiamo realizzato sfruttando il funzionamento dell'NE555 nella configurazione astabile, che si basa sulla carica e scarica del condensatore di temporizzazione, che nello schema elettrico è C2.

Per farvi comprendere come funziona il generatore di clock andiamo a spiegare come funziona il 555, aiutandoci con lo schema a blocchi interno proposto nella Fig.1; tale integrato contiene due comparatori aventi in comune un partitore di tensione

multiplo che polarizza per l'operazionale superiore l'ingresso invertente e per quello inferiore, il non-invertente. Dei due comparatori, vengono resi accessibili dall'esterno gli ingressi non-invertenti di quello superiore (i termini superiore e inferiore si riferiscono al potenziale di riferimento che ricevono dal partitore multiplo, quindi quello superiore riceve la tensione più elevata), corrispondente al piedino 6 (THLD, ossia Threshold) e l'invertente di quello superiore, corrispondente al piedino 2 (TRG, ossia Trigger). Il nodo tra la prima e la seconda (considerate dall'alimentazione positiva) resistenza del partitore multiplo di riferimento dei due comparatori (alimentato, come il resto degli stadi interni al 555, dal piedino 8) viene portato all'esterno tramite il piedino 5 (CTRL, Control Voltage) e ciò permette di alterare le tensioni di riferimento dei comparatori, così da controllare con una tensione esterna la frequenza di lavoro nella configurazione astabile (operando lo shift di frequenza come si fa nei VCO, ossia gli oscillatori controllati in tensione) oppure la durata degli impulsi in quella da timer (monostabile). Più esattamente, nella configurazione astabile, abbassando la tensione sul piedino 5 si accorcia il periodo della commutazione dell'uscita e quindi si incrementa la frequenza generata, viceversa lasciando salire la tensione fino al livello caratteristico (a vuoto, ossia senza alcun circuito collegato al piedino 5) o incrementandola si allunga





il periodo e si riduce la frequenza prodotta. Nella configurazione monostabile, invece, la tensione altera la durata degli impulsi, il che permette, pilotando il trigger con impulsi a frequenza costante, di ottenere un modulatore PWM. Le uscite dei comparatori entrano una nel RESET (quella del comparatore superiore) e nel SET (comparatore inferiore) di un flip-flop di tipo RS, che è un circuito logico la cui uscita diretta (Q) va a livello alto (corrispondente a circa il potenziale del piedino 8) quando il SET è a livello alto, ovvero assume lo zero logico se SET è posto a circa zero volt; l'uscita presenta un comportamento esattamente opposto quando ad essere stimolato è l'ingresso RESET, il quale, posto a livello logico alto, resetta il flip-flop, intendendo con ciò che ne azzerò lo stato di Q. Il flip-flop ha anche un'uscita complementata (/Q), la cui condizione logica è sempre l'inverso di quella Q; nel 555 è collegata, tramite una resistenza, alla base di un transistor NPN configurato ad open collector il cui emettitore è connesso a massa e il collettore al piedino DCHR (Discharge, 7). Il transistor può commutare una corrente di collettore di 200 mA, utilizzato in modo sink (ad assorbimento di corrente). L'uscita diretta, Q, è invece collegata al piedino OUT (3) dell'integrato attraverso un buffer interno push-pull, capace di erogare un massimo di 200 mA. Il negativo di alimentazione, vale a dire la massa di riferimento del 555 corrisponde al piedino 1, mentre al 4 è connesso il reset a logica invertita del flip-flop: questo piedino permette

di resettare forzatamente il circuito dall'esterno applicando un livello logico basso. La massima frequenza di funzionamento del 555 configurato come astabile è 500 kHz, ma nel nostro caso lavorerà a valori molto più ridotti. Ciò detto, vediamo che nel circuito il 555 è configurato come astabile, con una piccola variante al circuito canonico, che prevede un resistore tra i piedini 4, 8 e 7, uno tra 7 e 2-6 e un condensatore tra questi ultimi e massa; nel nostro caso la resistenza tra i pin 7 e 2-6 è variabile, avendo noi scelto un trimmer allo scopo di variare entro certi limiti la frequenza di lavoro. La frequenza del segnale prodotto dall'NE555 nella configurazione astabile, che poi coincide con quella di commutazione del transistor NPN interno e collegato con il collettore al piedino DISCHARGE (DC, pin 7) è legata ai valori di R1, R2 e C2 dalla formula:

$$f = 1,44 / [C2(R1 + 2R2)]$$

dove f è espressa in hertz se le resistenze sono in esprese in Mohm e il condensatore in microfarad. Essendo R2 un trimmer, peraltro connesso a reostato semifisso, può assumere svariati valori compresi tra 0 ohm e l'intera resistenza misurabile tra gli estremi (con il cursore rispettivamente sui piedini 2-6 dell'U1 e sul 7) quindi la frequenza può oscillare tra:

$$f = 1,44 / [10\mu F(10k\Omega + 20k\Omega)] = 1,44 / 10\mu F \times 0,03M\Omega = 4,8 \text{ Hz}$$

## CARATTERISTICHE TECNICHE

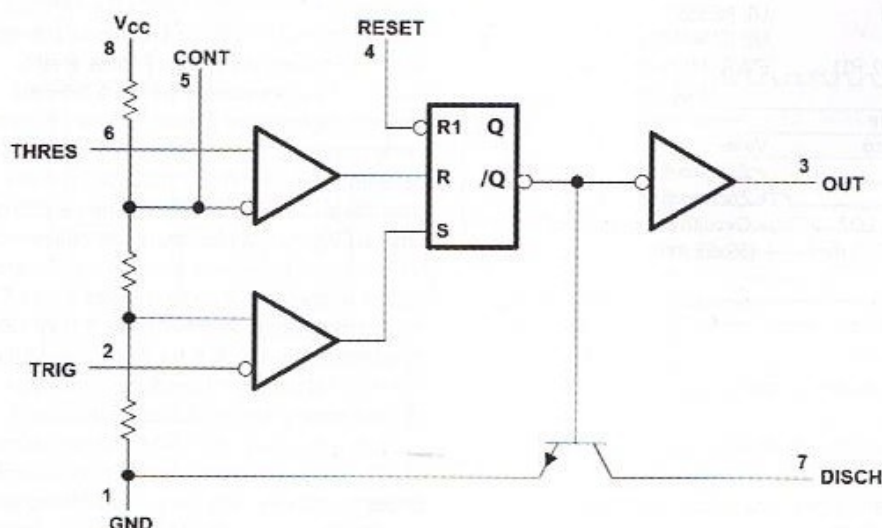
**Tensione di alimentazione:**  
5÷9 Vcc

**Corrente assorbita:**  
40 mA

**Frequenza di clock:**  
4,8÷14,4 Hz

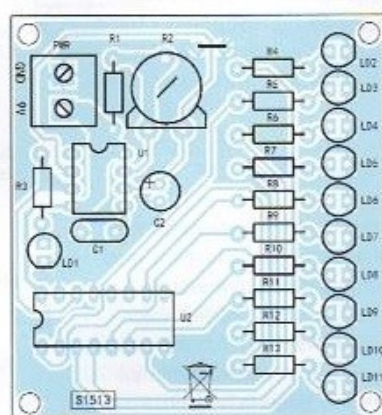
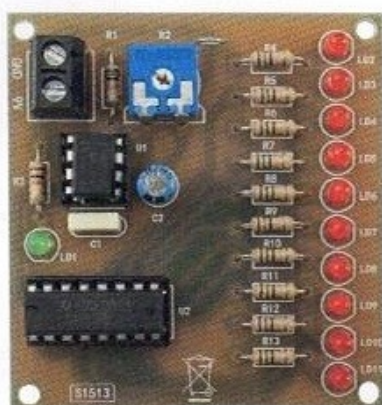
**Visualizzazione punto luminoso scorrevole**

**LED ripetitore di clock**



**Fig. 1**  
Schema a blocchi del 555: la massa è il pin 1, il TRIGGER è il 2, OUT è il 3, RESET è il 4, CONTROL VOLTAGE è il 5, THRESHOLD il 6, DISCHARGE è il 7 e il +Vcc è l'8.





#### Elenco Componenti:

R1: 10 kohm	rosso
R2: Trimmer 10 kohm MO	U1: NE555P
R3: 1 kohm	U2: CD4017BE
R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11,	PWR: Morsetto 2 vie
R12, R13: 150 ohm	5.08 mm
C1: 10 nF 100 VL poliestere	Varie:
C2: 10 µF 63 VL elettrolitico	- Zoccolo 4+4
(ø 5mm)	- Zoccolo 8+8
LD1: LED 3 mm verde	- Circuito stampato S1513
LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, LD7,	(59x55 mm)
LD8, LD9, LD10, LD11: LED 3 mm	

e quest'altro valore:

$$f = 1,44 / [10\mu F (10k\Omega + 0k\Omega)] = 1,44 / 10\mu F \times 0,01M\Omega = 14,4 \text{ Hz}$$

Per farvi capire cosa accade analizziamo, riferendoci alla **Fig. 1**, il funzionamento del circuito partendo con C2 scarico e avente quindi una tensione

di 0 volt: trascurando le vicende di C3, che si carica quasi subito e quindi non disturba la tensione di riferimento applicata dal partitore multiplo ai comparatori interni al 555, la condizione iniziale del circuito vede i piedini 2 e 6 a circa zero volt e quindi l'uscita del comparatore inferiore a livello alto; ciò determina il livello logico alto sull'ingresso SET del flip-flop e lo stesso sull'uscita Q (la /Q si porta a zero logico lasciando interdetto il transistor collegato al DISCHARGE e, quindi, il condensatore libero di caricarsi).

A questo punto C2 inizia a caricarsi attraverso la corrente che fluisce nella serie R1-R2 (perché il pin 7 non assorbe alcunché, essendo interdetto il transistor di scarica...) fin quando supera la tensione di soglia del comparatore inferiore, che è pari a 1/3 di quella applicata al piedino 8; ora l'uscita del suddetto comparatore si porta a zero logico e libera il SET del flip-flop, la cui uscita rimane comunque a livello alto fin quando la tensione ai capi del C2, continuando a crescere, non si porta a un valore superiore ai 2/3 della tensione di alimentazione del 555, ovvero alla soglia di commutazione del comparatore superiore. Quando ciò accade, l'uscita del comparatore superiore si porta a livello logico alto e resetta il flip-flop, la cui uscita diretta passa a zero logico mentre la /Q si porta a livello alto, mandando in saturazione il transistor interno collegato al piedino 7, il quale attraverso R2 scarica C2. La situazione rimane questa fin quando la tensione sull'elettrolitico non scende al disotto della soglia di commutazione del comparatore inferiore, allorché l'uscita di quest'ultimo torna a livello logico alto e setta il flip-flop, che riporta Q a 1 logico e /Q a zero. In questa condizione il condensatore riprende a caricarsi perché il piedino 7 torna aperto. La carica avviene nuovamente fino a 2/3 della tensione applicata tra i piedini 1 e 8 del 555, quindi il ciclo ricomincia.

Per effetto di ciò abbiamo l'uscita OUT dell'integrato che si mantiene a livello alto nel periodo che serve al C2 perché la tensione ai loro capi passi da 1/3 a 2/3 della tensione di alimentazione (siccome il 555 è alimentato a 9V, il passaggio è fra 3 e 6 volt, corrispondenti rispettivamente a 1/3 e 2/3 della tensione fra i pin 8 e 1) e a livello basso (zero volt circa) nel tempo che trascorre da quando il condensatore, in fase di scarica, vede calare la tensione ai capi da 2/3 di quella di alimentazione ad 1/3. I tempi di carica e scarica, corrispondenti ai livelli di tensione all'uscita (piedino 3) dipendono dai valori delle resistenze R1 ed R2 e sono tanto più simili quanto più la somma R1+R2 si avvicina



La variazione della resistenza inserita dal cursore dell'R2 influenza inevitabilmente, oltre che la frequenza generata dall'NE555, anche il duty-cycle dell'onda rettangolare fornita dal piedino 3. Dunque, la durata dell'impulso d'uscita a livello alto si determina come:

Invece la pausa dura un tempo pari a:

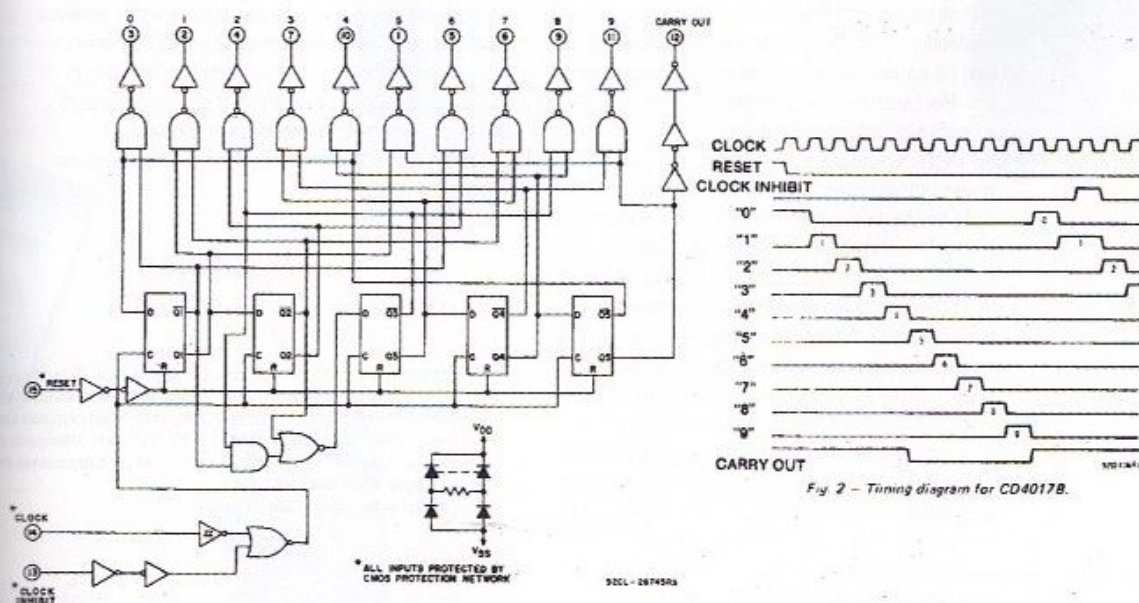
$$t_l = 0,693 \times R_2 \times C_2$$

Stabilito come funziona il 555, possiamo proseguire l'analisi del circuito vedendo che il segnale fornito dal piedino OUT pilota direttamente l'ingresso di clock dell'integrato U2, il quale è un decade-counter con uscite decimali; alimenta anche il LED LD1, attraverso la resistenza di caduta R3, per farlo pulsare ad ogni impulso di clock inviato al contatore. U2 è il dispositivo che effettivamente pilota la barra di LED facendo virtualmente scorrere il punto luminoso dal LED LD2 all'LD11.

cliccamente. Per farvi comprendere come funziona questo contatore decimale, nella **Fig. 2** vi proponiamo il relativo schema elettrico con tanto di temporizzazioni dei segnali corrispondenti. Come vedete, il contatore è la cascata di cinque flip-flop di tipo D con l'ingresso di clock del primo connesso, tramite una porta logica NOR e una NOT (per consentire l'eventuale inibizione del clock attraverso la linea CLOCK INHIBIT, qui non utilizzata e perciò connessa a massa), al pin CLOCK dell'integrato (pin 14). Ogni flip-flop si comporta da divisore di frequenza per 2 e quindi per triggerare il successivo deve ricevere in ingresso due impulsi a livello logico alto; ne deriva che il contatore può dividere per 10.

Ma la struttura siffatta è binaria e prelevando le uscite dirette e complementate dei flip-flop si otterrebbe una rappresentazione binaria del conteggio, quindi nel CD4017 è stato implementato un decoder binario/decimale in grado di convertire le combinazioni logiche alle uscite dei flip-flop in formato decimale, ovvero attivare una sola uscita tra 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 alla volta. Quindi all'arrivo del primo livello logico alto (dopo un reset o l'accensione del circuito) l'uscita 0 passa a livello alto e le restanti rimangono a zero, al secondo impulso passa a livello logico alto l'uscita 1 (e le altre rimangono a zero) e via di seguito, fino al decimo impulso, che attiva l'uscita 9.

**Fig. 2**  
Schema  
interno e  
grafico dei  
segnali  
riguardanti  
il contatore  
GD4017.





Dopo il contatore viene azzerato, l'uscita CARRY OUT (piedino 12) fornisce un impulso a 1 logico e il conteggio riprende dall'inizio, pertanto l'undicesimo impulso attiva l'uscita 0 e via di seguito. L'uscita CARRY OUT si utilizza quando si desidera realizzare contatori a più stadi e quindi contare unità, decine, centinaia ecc. mediante il collegamento in cascata di più 4017, connettendo il piedino 12 del precedente all'input CLOCK del successivo.

Con i valori della frequenza di clock calcolati ed esposti qualche paragrafo indietro, il contatore completa la sequenza di 10 passi in un tempo che varia da 2,2 secondi a circa 0,7 secondi. Nel nostro circuito ciascun LED viene pilotato dalla rispettiva uscita del contatore mediante una resistenza che limita la corrente a valori tollerabili dal 4017, le cui uscite possono erogare pochi milliampere, oltre i quali il livello logico alto scende drasticamente di potenziale. L'intero circuito si alimenta a tensione continua, nel nostro caso tipicamente a 9 volt mediante una pila a secco, ed assorbe una corrente di circa 40 milliampere.

#### REALIZZAZIONE PRATICA

Bene, adesso che abbiamo spiegato come funziona il circuito vediamo in che modo lo si può realizzare, premettendo che essendo un qualcosa che abbiamo pensato a scopo didattico, abbiamo progettato il relativo circuito stampato a singola ramatura e per componenti tradizionali, facilmente saldabili con un comune saldatore e anche da chi non ha particolare esperienza di montaggi elettronici. Per questa volta, l'incubo SMD che ossessiona il neofita lo teniamo alla larga...  
Ciò detto, una volta scaricata dal nostro sito [www.elettronica.in.it](http://www.elettronica.in.it) (tra i file di questo numero della rivista) la traccia lato rame sotto forma di file immagine, stampatela su carta da lucido o acetato e utilizzatela come pellicola per ricavare, mediante il processo di fotoincisione, la basetta ramata. Forate quest'ultima e disponetevi i componenti a iniziare dalle resistenze fisse, procedendo poi con gli zoccoli per l'NE555 e il CD4017 (che consigliamo di orientare già come indicato nel piano di montaggio proposto in queste pagine in modo da avere già il riferimento per quando inserirete i rispettivi integrati) e poi il condensatore C1 e il trimmer; montate quindi il condensatore elettrolitico (del quale va rispettato l'orientamento indicato nel solito piano di montaggio) e possibilmente una morsettiera bipolare a passo 5 mm per l'alimenta-

zione del circuito. In luogo della morsettiera, potete saldare nelle piazzole di alimentazione i due fili di una presa volante a strappo per pile da 9V, badando di connettere il rosso al contatto 9V e il nero a GND. Volendo potete lasciare la morsettiera e connettere ad essa la presa per la pila. Inserite quindi i due integrati nei rispettivi zoccoli, verificando che non si pieghi alcun piedino sotto il corpo e che l'orientamento sia come indicato nel piano di montaggio. Fatto questo, il vostro gadget a diodi luminosi è pronto all'uso, giacché non richiede alcuna operazione di taratura preliminare e funziona da subito inserendo la pila nella presa a strappo.

#### CONCLUSIONI

Il circuito proposto è un gioco di luci molto compatto e pratico che può prendere posto in vari ambiti, su pannelli di macchine e distributori, in vetrina, in dei giocattoli più o meno tradizionali, ma che può anche essere utilizzato - perché no - come spilla luminosa per attirare l'attenzione su un biglietto da visita applicato a una maglia o anche come gadget per enfatizzare un vestito di carnevale o per una festa in maschera.

Pertanto il tipo di LED utilizzato nella striscia non è vincolante, tanto che potrete benissimo impiegare LED rettangolari o giganti montati separatamente e collegati mediante fili (in questo caso i catodi possono essere uniti e collegati alla massa del circuito stampato mediante un unico filo); non è vincolante neppure la disposizione, perché volendo potete, sempre portandoli all'esterno, disporre i LED a cerchio o altra forma geometrica (triangolo, o quadrilatero, per esempio) su un pannello di materiale isolante o una cornice colorata. Insomma, avete la massima libertà di espressione artistica!



#### Cosa occorre?

I componenti utilizzati in questo progetto sono di facile reperibilità. Il contatore CD4017 (cod. 4017) è in vendita a Euro 0,70, i led possono essere acquistati in un comodo set (cod. YM406) disponibile a Euro 7,50, il circuito stampato può essere realizzato utilizzando il servizio di prototipazione dei PCB (cod. PCBPRODUCTION). I prezzi si intendono IVA compresa.

#### Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)  
Tel. 0331-799775 - <http://www.futurashop.it>